

**ZAMORANO**  
**Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria**

**Caracterización detallada de los suelos de  
San Nicolás y prácticas recomendadas para  
su uso sostenible, El Zamorano, Honduras**

Tesis presentada como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo  
en el Grado Académico de Licenciatura

presentado por

**Reynerio Barahona Flores**

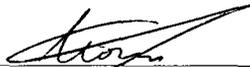
301056

BIBLIOTECA WILSON POPENOM  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTADO 03  
TEGUCIGALPA HONDURAS

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2000

# 1166

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas y jurídicas se reservan los derechos de autor.



---

Reynerio Barahona Flores

Zamorano-Honduras  
Diciembre, 2000

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso

A mi padre, madre y hermana por su apoyo incondicional

A la Familia Gauggel Arévalo por todo su apoyo

A mi Patria, siempre ha sido un honor dar lo mejor de mí, para sacarla adelante

## **AGRADECIMIENTO**

A toda mi familia por siempre estar atentos de mí

A la familia Reyes Barahona

A la familia Gauggel Arévalo por todos los conocimientos que me transmitieron

A la Dra. Andrews por su apoyo

Al Dr. Pablo Paz y Doña Irma, por su apoyo y por su paciencia como padrinos

A Angel, Allyn, Mario y Ricardo por su ayuda y apoyo, gracias...

A Armando, Morlan por su apoyo y amistad

A Maria Fernanda por siempre estar conmigo, el apoyo y los ánimos

A los compañeros del Departamento de Agronomía

Al personal del Laboratorio de Suelos del Zamorano por su ayuda

A la Zamoempresa de Cultivos Extensivos por su apoyo

A la Standard Fruit Co. de Honduras por las experiencias vividas durante mi estadia

A los sueleros (Ing. Pocasangre, Tulio, Homer, Toño y Jaime) por los momentos vividos

A Martita y Annie por sus consejos, regaños y ayuda

Al Departamento de Research por darme la oportunidad

A El Zamorano por mi formación profesional

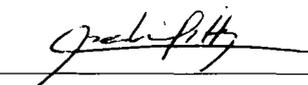
A todos mi compañeros y amigos que tuve durante mis estudios, gracias por todo

## RESUMEN

Barahona F., Reynerio. 2000. Caracterización detallada de los suelos de San Nicolás y prácticas recomendadas para su uso sostenible, El Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras.

La reducción en la productividad a lo largo del tiempo en muchos de los suelos agrícolas, se ha debido a los procesos degradativos inducidos por la creciente necesidad de producción de alimentos. Las consecuencias más notorias han sido la pérdida de la estructura del suelo, falta de funcionalidad de los poros, alta resistencia del suelo al crecimiento de la raíz y pérdida de fertilidad. Para obtener la información de los suelos, es necesario caracterizarlos morfológica, física y químicamente, para conocer el estado en que se encuentran. El Zamorano, buscando conocer el estado de sus suelos para diseñar un plan de manejo, ha iniciado un proceso de investigación de los mismos. Una de sus principales áreas productivas está ubicada en la zona de San Nicolás, donde se hizo un estudio sistemático para caracterizar y determinar el estado actual y potencial del suelo y proponer prácticas para su uso sostenible. Para obtener la información necesaria, se hicieron observaciones de campo con barreno y con calicatas; tomando muestras de cada horizonte para hacerles análisis químicos y físicos. Los suelos de San Nicolás presentan un pie de arado, el cual es la principal limitante física del suelo, debido a eso, sus suelos se clasifican como una Clase IV, si se corrige esa restricción el estado potencial al que se puede llevar es de Clase III. Con la aplicación de un índice de calidad de suelo, la información adicional generada es de mucha utilidad, ya que da un valor numérico de cómo se encuentra. Considerando este aspecto, las tierras de San Nicolás se consideran como un suelo de aptitud moderada para la producción agrícola. En conclusión, los suelos de San Nicolás se encuentran deteriorados y es recomendable subsolar a 50 cm de profundidad para romper el pie de arado, encalar el suelo para subir el pH, agregar materia orgánica, hacer un programa de rotación de cultivo y establecer parcelas permanentes de evaluación del suelo.

**Palabras claves:** Calidad del suelo, degradación, enmiendas, limitantes, manejo sostenible



---

Abelino Pitty, Ph. D.

## NOTA DE PRENSA

### **ZAMORANO INICIA ESTUDIO DE SUELO QUE MEJORARA LA PRODUCCION**

Honduras es un país netamente agrícola. El territorio nacional es aproximadamente un 80 por ciento montañoso y el resto se podría considerar como plano.

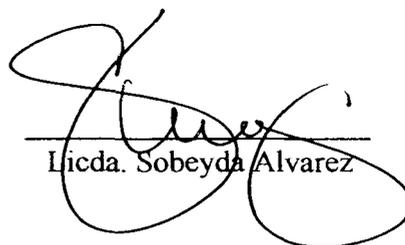
Debido al poco terreno con vocación agrícola, la agricultura se ve muy restringida para aumentar su frontera. La presión que reciben estos suelos por la alta demanda de producción de alimentos, ha forzado a que se sobre explote la tierra.

El cultivo continuo que se da en nuestro medio, ha expuesto el suelo al proceso de degradación. En ocasiones, se ha explotado al extremo de dejarlo irrecuperable.

Zamorano inició un estudio para poder determinar el estado de sus suelos, encontrar alternativas para mejorar su uso y asegurar que las futuras generaciones puedan hacer uso de ellos.

El estudio reveló que los suelos presentan severas limitaciones físicas que impiden el crecimiento adecuado de los cultivos y por lo tanto, se debe implementar un sistema de producción que reduzca el impacto al suelo.

Zamorano debe continuar con su labor de transmitir los conocimientos sobre sistemas de producción sostenible, tanto en su labor interna como a los productores con los que trabaja de forma directa e indirectamente.



Licda. Sobeyda Alvarez

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de Firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Resumen.....	vi
	Nota de prensa.....	vii
	Contenido.....	viii
	Índice de Cuadros.....	x
	Índice de Fotos.....	xi
	Índice de Mapas .....	xii
	Índice de Anexos .....	xiii
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	Objetivo general.....	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
<b>2.</b>	<b>REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	LEVANTAMIENTOS DE SUELOS.....	3
2.2	ORDENES DE LOS ESTUDIOS DE SUELOS.....	5
2.3	SISTEMA DE EVALUACION DE LAS TIERRAS.....	6
2.3.1	Sistema Marín y su aplicación en Honduras.....	7
2.4	CALIDAD DEL SUELO.....	9
2.5	METODOS DE EVALUACION DE TIERRAS.....	10
2.5.1	Método de Begón.....	11
2.5.2	Método de Duclos.....	11
2.5.3	Índice de productividad.....	11
2.5.4	Índice potencial del suelo.....	11
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>12</b>
3.1	MATERIALES GENERALES.....	12
3.2	CARACTERISTICAS PARA LA SELECCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	12
3.3	DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	12
3.3.1	Topografía.....	12
3.3.2	Clima.....	12
3.4	RECOLECCION DE INFORMACION.....	13
3.5	CARACTERIZACION DEL MEDIO NATURAL.....	13

3.5.1	Suelos.....	13
3.5.1.1	Delimitación del área y trabajo preliminar.....	13
3.5.1.2	Mapeo sistemático.....	13
3.5.2	Trabajo de campo.....	13
3.5.3	Elaboración del mapa del estado actual del suelo.....	14
3.5.4	Observaciones de calicatas.....	14
3.5.5	Realización del mapa del estado potencial del suelo.....	15
3.5.6	Análisis de laboratorio.....	15
3.6	<b>ELABORACION DE UN MODELO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SUELO.....</b>	<b>15</b>
3.6.1	Selección y valoración de las unidades.....	16
3.6.2	Aplicación de los índices.....	16
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
4.1	USO ACTUAL DE LA TIERRA.....	17
4.2	LOS SUELOS; CARACTERISTICAS, DESCRIPCION, DISTRIBUCION Y CLASIFICACION.....	17
4.2.1	Tipo de suelo.....	17
4.3	MAPA DEL ESTADO ACTUAL DEL SUELO.....	18
4.4	MAPA DEL ESTADO POTENCIAL DEL SUELO.....	18
4.5	DESCRIPCION DE PERFILES.....	21
4.5.1	Calicata 1.....	21
4.5.2	Calicata 2.....	23
4.5.3	Calicata 3.....	25
4.5.4	Calicata 4.....	27
4.5.5	Calicata 5.....	29
4.5.6	Calicata 6.....	31
4.6	APLICACIÓN DEL MODELO DE EVALUACION.....	35
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>42</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pag.</b>
Cuadro 1. Niveles de estudios de suelos, procedimientos de campo y área mínima de delineación. ....	6
Cuadro 2. Descripción analítica de la calicata 1 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras. ....	23
Cuadro 3. Descripción analítica de la calicata 2 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras. ....	25
Cuadro 4. Descripción analítica de la calicata 3 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras. ....	27
Cuadro 5. Descripción analítica de la calicata 4 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras. ....	29
Cuadro 6. Descripción analítica de la calicata 5 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras. ....	31
Cuadro 7. Descripción analítica de la calicata 6 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras. ....	33
Cuadro 8. Valores de densidad aparente y resistencia a la penetración por horizonte de cada calicata en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	34

**INDICE DE FOTOGRAFIAS**

<b>Fotografía</b>	<b>Pag.</b>
Fotografía 1. Calicata 1 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	22
Fotografía 2. Calicata 2 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	24
Fotografía 3. Calicata 3 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	26
Fotografía 4. Calicata 4 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	28
Fotografía 5. Calicata 5 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	30
Fotografía 6. Calicata 6 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	32

**INDICE DE MAPAS**

<b>Mapa</b>	<b>Pag.</b>
Mapa 1. Estado actual de los suelos de San Nicolás, El Zamorano, Honduras .....	19
Mapa 2. Estado potencial de los suelos de San Nicolás, EL Zamorano, Honduras. ....	20

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Pag.</b>
Anexo 1. Valores de los parámetros del índice de productividad. ....	42
Anexo 2. Cuadro resumen de los valores obtenidos de cada parámetro por calicata en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.....	47
Anexo 3. Fotografía aérea del Valle del Zamorano, Honduras.....	48
Anexo 4. Mapa de distribución de las calicatas en San Nicolás, El Zamorano, Honduras .....	49
Anexo 5. Mapas del estado actual y potencial de los suelos de San Nicolás, EL Zamorano, Honduras. ....	50

## 1. INTRODUCCION

La producción agrícola actualmente está sufriendo de limitaciones, las cuales han sido creadas a largo plazo por el manejo tradicional de los recursos, junto con las prácticas relacionadas con ella reflejándose principalmente por la pérdida de la calidad de los suelos y por tanto en la disminución de su productividad.

El descenso en la productividad de las diferentes zonas agrícolas se ha generado en mayor grado por los procesos degradativos de los suelos, causado por las prácticas agrícolas inapropiadas.

Como consecuencia a estos procesos se han presentado en los suelos problemas con la pérdida de su estructura, falta de porosidad, compactación, decremento en la materia orgánica, erosión del horizonte superior (epipedón), disminución de la fertilidad, etc.

En este contexto El Zamorano no ha estado exento de la problemática. Sus suelos han sido explotados por más de 50 años en actividades agrícolas, pecuarias y forestales. La asignación de tierras para cada actividad fue realizada con un enfoque productivo, logístico y didáctico, sin tener en cuenta la aptitud de los suelos y el punto de vista de sostenibilidad para el manejo de los recursos naturales. Por ende, la utilización de sus suelos se hizo con base en las necesidades de momento, sin tomar en cuenta la capacidad de uso y el potencial productivo de las diferentes áreas (Arce, 1996).

Es de suma importancia que se inicie la búsqueda de soluciones que permitan mantener y, o, mejorar las condiciones de competitividad, mejoramiento y sostenibilidad productiva, para eso se tienen que implementar nuevas políticas que busquen dicho fin productivo.

Para poder lograr esas condiciones dentro del proceso productivo sostenible, es necesario caracterizar morfológica, física, biológica y químicamente los suelos de uso más intensivo para identificar los procesos degradativos y por tanto proponer programas orientados a generar la información que conlleve a la utilización de enmiendas regenerativas que permitan el uso agrícola sostenible del recurso.

Una vez estudiado los suelos, se pueden monitorear para poder predecir y controlar el efecto de prácticas de manejo orientadas al mejoramiento de la productividad con un enfoque productivo.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Evaluar las condiciones generales de los suelos del área de San Nicolás con el fin de proponer prácticas conducentes a la sostenibilidad productiva.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar morfológica, física y químicamente los suelos de San Nicolás.
2. Aplicar índices de importancia morfológicos, físicos y químicos de calidad de suelo para evaluar su estado actual y potencial.
3. Proponer un modelo de manejo integral para el uso de los suelos en una forma sostenible.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

El suelo es un recurso natural vital no renovable desde el punto de vista en la escala de la vida humana. La calidad del suelo se define por la función del mismo y representa un compuesto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas que (i) proveen un medio para el crecimiento de la planta, (ii) regula y reparte el flujo de agua en el ambiente, y (iii) sirve como un medio de amortiguamiento en la formación, atenuación y degradación de compuestos dañinos al medio ambiente (Doran y Parkin, 1995).

El suelo sirve como medio para el crecimiento de la planta proporcionándole soporte físico, agua, nutrientes esenciales y oxígeno a las raíces. El estado adecuado para que el suelo pueda sostener el crecimiento de las plantas y de la actividad biológica es una función de las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención de agua, estructura) y las propiedades químicas (habilidad de suplir nutrientes, pH, contenido de sales, etc.). Muchas de las propiedades biológicas, físicas y químicas son fuertemente influenciadas por el contenido de materia orgánica del suelo (Landon, 1991).

La importancia de los estudios de suelos y su uso para proyectos de desarrollo agrícolas han sido reconocidas por los interesados, pero actualmente muchos de los profesionales de otras disciplinas tienden a considerar esos estudios, como los fundamentos principales en sus actividades. Por lo general, solo una fracción de la información potencial del informe es utilizada, el resto es considerado muy académico lleno de información incomprensible o muy lejos de ser aplicada prácticamente para la toma de decisiones, las cuales son necesarias para un desarrollo exitoso de los proyectos agrícolas (Landon, 1991).

El uso sostenible de la tierra depende en la planificación, diseño y practicas específicas de manejo del recurso suelo. Para este fin, son necesarios cuatro elementos: información (levantamiento de suelos), ordenamiento y sistematización de los datos (sistemas de evaluación de las tierras y sus usos) y conceptos específicos para determinar la calidad de suelo.

### **2.1 LEVANTAMIENTOS DE SUELOS**

Se define como el estudio sistemático de los suelos en el campo, a través de la descripción de sus características internas y externas y del análisis de laboratorio de muestras tomadas en individuos (pedones) que representan su población edáfica la cual, a su vez, es clasificada y representada bi o tridimensionalmente a una escala determinada, de acuerdo a los objetivos del estudio (Cortés y Malagón, 1984).

El suelo es un cuerpo natural y como tal es objeto fundamental de estudio como una entidad en sí mismo y para determinar su evolución genética, su lugar en un sistema natural y racional de clasificación y su patrón de distribución sobre la superficie terrestre.

Según Cortés y Malagón (1984), el levantamiento de suelos es un mecanismo a través del cual se conoce el suelo (propiedades morfológicas, físicas y químicas), su papel en los ecosistemas y sus posibilidades de utilización.

En la definición expuesta se establece que un levantamiento de suelos consta de las siguientes acciones:

- a) Determinación de las características y propiedades de los suelos mediante descripciones apropiadas y análisis de laboratorio.
- b) Clasificación de las poblaciones de suelos, selección de las unidades cartográficas y demarcación de sus respectivos límites.
- c) Interpretación de datos e información registradas durante el levantamiento, para cumplir con los objetivos del mismo.

Según Cortés y Malagón (1984) el levantamiento de suelos contribuye a conservar la calidad del recurso e incrementa la producción de fibra, alimento y materias primas energéticas de origen vegetal, la cual es muy importante si se considera que la población crece a un ritmo alarmante, lo que demanda mayor producción para satisfacer las necesidades y, a la vez, exige que la utilización de la tierra sea racional.

Un estudio de suelos incluye los siguientes objetivos (Cortés y Malagón, 1984):

1. El inventario preciso de los suelos. Esta tarea es la base fundamental de la zonificación agroecológica del país o de una región en particular. Una zona agroecológica homogénea es aquella porción de la superficie que tiene condiciones ecológicas iguales (suelo, clima, paisaje, etc.) por lo que presenta aptitudes y limitantes similares, para usos semejantes. A través de esta zonificación se pueden determinar las zonas adecuadas para dedicarse a cultivos, a pastos o aquellas en la que se debe de conservar la vegetación natural.
2. La discusión de las propiedades físicas, químicas y mineralógicas en la forma integrada y completa. El conocimiento de estas características es fundamental para la determinación de la aptitud de uso y manejo de los suelos.
3. La clasificación de los suelos según su potencial. De acuerdo a las limitaciones que presenta un suelo se puede establecer su potencialidad. Es conveniente hacer agrupaciones según el uso y manejo de los suelos: esta agrupación corresponde a las unidades que se encuentran cartografiadas y que, mediante el mismo tratamiento, producen rendimiento similar. Esto es útil no solamente para el pequeño productor, sino también para el personal que tiene que trabajar en el desarrollo de una región, como es el caso de los extensionistas agrícolas y los agrónomos de asistencia técnica.

4. Las recomendaciones sobre la fertilidad de cada suelo reportado, indicando las cantidades de los elementos necesarios para el desarrollo de las plantas. Estos datos deben servir para determinar la aplicación de fertilizantes o la aplicación de correctivos, en caso de existir elementos tóxicos para la planta.
5. La presentación del informe. La organización del texto debe ser sencilla y el estilo de redacción claro que sea entendido por todos los usuarios según el campo de interés.
6. Divulgación de los estudios de suelos. Los estudios de suelos deben ser divulgados en el país a diferentes niveles. En primer lugar deben de ser conocidos por los técnicos institucionales relacionados con el agro, para que ellos lo utilicen y apliquen las recomendaciones y desarrollo de sus labores. Pero es necesario que las recomendaciones del estudio lleguen a las manos de los agricultores en un lenguaje sencillo, expresivo y funcional. Si no se divulgan los resultados de los estudios de suelos, de nada serviría el esfuerzo humano y de capital que se invierte en la realización de ellos.

## **2.2 ORDENES DE LOS ESTUDIOS DE SUELOS**

Todos los estudios de suelos son hechos por medio de la examinación, descripción y la clasificación de los suelos en el campo, delineando su distribución en el mapa. Algunos estudios son hechos para proveer a sus usuarios la información precisa acerca del recurso suelo de ciertas áreas de interés. Los estudios requieren una diferenciación entre áreas pequeñas y homogéneas, otros son ordenados por los usuarios que ocupan una perspectiva más amplia, pero distintiva de áreas de miles de hectáreas. Un estudio de suelo hecho para fines específicos no puede ser de utilidad para otros.

Los elementos de un estudio de suelos pueden ser ajustados para proveer información de mucha utilidad para propósitos específicos. Existen diferentes intensidades en el estudio de campo, diferentes grados de detalles y diferentes diseños de unidades de mapeos para un amplio rango de estudios de suelos. Ajustes en estos elementos forman las bases de diferenciación de los cinco ordenes de estudios de suelos (Soil Survey Division Staff, 1993):

Cuadro 1 Niveles de estudios de suelos, procedimientos de campo y área mínima de delineación.

Tipo de levantamiento	Procedimientos de campo	Area mínima de delineación (ha)
Primer orden - Muy detallado (experimentos, Sitios de construcción)	Los suelos en cada delineación son Identificados por transectas. Delimitación de suelos son observados a lo largo de la zona de estudio. Se usa información de sensores remotos como ayuda para la delimitación de los límites.	1 o menos
Segundo orden - Detallado (agricultura general, Planificación urbana)	Los suelos en cada delineación son identificados por medio de observaciones de campo y por información de sensores remotos. Los límites son verificados por intervalos poco espaciados.	0.6 a 4
Tercer orden – Semidetallado (planificación comunitaria)	Los límites de los suelos son localizados por interpretación de información de sensores remotos. Los límites son verificados por recorridos de áreas representativas y por algunas transectas	1.6 a 16
Cuarto orden - Extensiva (información general de suelos Para la determinación de la utilización potencial de la tierra y manejo general de la tierra)	Los límites de los suelos son localizados por interpretación de información de sensores remotos. Los límites son verificados por recorridos por áreas representativas y por algunas transectas	16 a 252
Quinto orden - Muy extensiva (planificación Regional)	Los patrones de suelos y el contenido de las unidades de mapeo son determinadas por ideas de mapeo representativo y por interpretaciones de información de sensores remotos. La corroboración se hace ocasional en el sitio.	252 a 4000

## 2.3 SISTEMAS DE EVALUACION DE LAS TIERRAS

En Honduras, el sistema usado para determinar la capacidad de uso de la tierra con fines agropecuarios, es el establecido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), con una ligera adaptación a las condiciones específicas del país. Este es un sistema de evaluación, que representa un método estandarizado de poder fijar la aptitud de toda clase de tierra para un uso general determinado, básicamente, de acuerdo con las condiciones técnicas y socioeconómicas de los Estados Unidos de Norteamérica (Richters, 1995).

En la actualidad, se concibe que el tipo de uso de la tierra es tan importante para determinar la aptitud de la tierra como la tierra misma. En tal sentido, la tierra deberá clasificarse sólo sobre la base de su valor para un fin específico, ya que no hay un valor de la tierra que sea absoluto y de aplicación universal.

Cada clase de aptitud de la tierra resultante (antes y después del mejoramiento, que depende del nivel de manejo) está determinada por la cualidad de la tierra más limitante, e indica el grado en que las cualidades de la tierra satisfacen los requerimientos de los tipos de uso de la tierra específico.

Los siguientes principios son adoptados (SYS *et al.*, 1991b):

1. El criterio usado en determinar la unidad de tierra son las propiedades físicas de la tierra disponible después de un estudio de suelos.
2. La severidad de la limitación es una función del grado con la cual el crecimiento del cultivo va a ser inhibido.
3. La capacidad de una unidad de tierra para proporcionar crecimiento al cultivo es mejor cuando una amplia gama de cultivos pueden ser sembrados en ella que en otra unidad de tierra.

Por tanto el sistema es una valoración general y no relacionado a un tipo de utilización específica. Sin embargo, el tipo de utilización preferencial y el uso de la tierra, es reflejado en clases. Los suelos arables son agrupados de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para una producción sostenible de los cultivos comúnmente sembrados que no requieren un acondicionamiento especializado del sitio. Los suelos no arables son agrupados de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para la producción permanente de vegetación y de acuerdo al riesgo de degradar el suelo si es mal manejado.

### **2.3.1 Sistema Marín y su aplicación en Honduras**

Según Salgado (1987: citado por Richters, 1995), existe una metodología para establecer analogías con base en la capacidad del uso de la tierra. La clasificación de la tierra se basa en los conceptos de la Land Capability Classification, Manual 20 del USDA, con las adaptaciones propuestas por Eduardo Marín (1971; citados por Richters, 1995).

El sistema contempla tres categorías que, dentro del orden jerárquico, corresponden a:

- Clase de capacidad
- Subclase de capacidad
- Unidad de capacidad

*Clase de capacidad.* Es la categoría más amplia del sistema y está designada por números romanos del I al VIII. Los números indican progresivamente mayores limitaciones y una relación más estrecha para su uso práctico.

*Subclase de capacidad.* Son grupos de limitaciones que se presentan dentro de una clase, tales como:

- Erosión y escurrimiento (e). Incluye todos los suelos que presentan problemas de erosión actual o potencial para efecto de declives que faciliten el escurrimiento.
- Deficiencias del suelo (s). Incluye diferentes tipos de limitaciones que se producen en el suelo y que afectan el desarrollo de las plantas, tales como profundidad efectiva, reacción (pH), fertilidad baja, ocurrencia de sales y, o, álcalis, pedregosidad y otros.
- Exceso de humedad o drenaje (d). Agrupa las limitaciones que producen exceso de humedad, ya sea por movimiento lento del agua en la superficie del suelo (encharcamiento) y, o, en el perfil (mal drenaje), por fluctuaciones del nivel freático o por inundaciones, de tal forma que limitan el crecimiento de las plantas.

*Unidad de capacidad* (grupo de uso y manejo). Son agrupaciones de fases de suelos con limitaciones comunes dentro de una misma subclase que presentan aptitudes similares de producción y requieren tratamientos de manejo parecidos.

Los suelos agrupados en las unidades de capacidad deben ser suficientemente uniformes en las combinaciones de las características de suelo que influyen sus cualidades para tener potencialidades similares y limitaciones. Aunque los suelos en una unidad de capacidad debe ser suficientemente uniformes en los siguientes aspectos:

- a) producir similares tipos de cultivos y pastos con prácticas similares de manejo.
- b) requiere tratamientos similares de conservación y manejo bajo el mismo tipo y condición de la cobertura vegetal, y
- c) poseer potencialidad de producción similar (rendimiento promedio estimado bajo sistemas de manejo similar las cuales no deben de variar cerca de 25% entre los diferentes tipos de suelo incluyendo dentro de las unidades) (SYS *et al.*, 1991b).

Según SYS *et al.* (1991a) las unidades de capacidad proveen información específica y detallada que una subclase en la aplicación específica a un campo. Hay que tener en cuenta que los suelos agrupados pueden responder de manera similar y que requieren manejo similar pero pueden tener características diferentes que los colocan en diferentes series de suelos.

Es de hacer notar que la mayoría de las clasificaciones de uso potencial y actual de la tierra han sido influenciadas a menor o mayor grado por los conceptos plasmados en esta clasificación. Se puede afirmar que ellos son los precursores de los conceptos y modelos de calidad de suelo.

## 2.4 CALIDAD DEL SUELO

Según Doran y Parkin (1995), el manejo de la tierra es sostenible solo cuando mantiene o mejora la calidad de los recursos, especialmente la calidad del aire, suelo, agua o recursos alimenticios. El valorar la calidad de suelo, provee un valor básico para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y el manejo de la tierra.

Los suelos poseen varios niveles de calidad que son básicamente definidos por características naturales estables o heredadas relacionada con los factores de formación y cambios dinámicos inducidos por el manejo del suelo (Larson y Pierce, 1995).

El detectar cambios en un componente tan dinámico como es la calidad del suelo es esencial para evaluar el desempeño y sostenibilidad de los sistemas de manejo. La habilidad para identificar las propiedades básicas que sirvan como indicadores es muy complicado, porque hay muchos factores físicos, químicos y biológicos involucrados y las interacciones variantes en tiempo, espacio e intensidad.

Según Larson y Pierce (1995), para que los modelos de evaluación de la calidad del suelo sean prácticos a los científicos, agricultores, extensionistas, ecólogos, conservacionistas en el uso de la toma de decisiones sobre situaciones ecológicas y socioeconómicas, es necesario que los indicadores básicos de calidad de suelo tengan los criterios adecuados que a continuación se numeran:

1. Que provean los procesos del ecosistema
2. Integren los procesos y propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
3. Sean accesibles para muchos usuarios y aplicable a condiciones de campo
4. Sea sensible a cambios en manejo y clima
5. Donde sea posible, que constituya parte de bases de datos de suelos.

Para poder medir la calidad del suelo es necesario recurrir a una serie de indicadores que permitan cuantificar ciertos parámetros edáficos y biológicos del suelo.

Lastimosamente no se ha podido identificar una serie de indicadores de calidad del suelo, ya que es muy complicado definir e identificar lo que en realidad esto representa y que existe mucha variación de lugar en lugar.

Existen dos aspectos de la dinámica de la calidad del suelo referente al manejo sostenible. La primera es la cuantificación de la calidad del suelo en términos de la magnitud y su dinámica. Este aspecto se refiere de cómo la calidad del suelo cambia en respuesta al manejo. La segunda trata con diseños y control de procesos por el cual los sistemas afectan la calidad del suelo y la sostenibilidad. Se hace énfasis en como los componentes de un sistema de manejo y los procesos asociados actúan con respecto a sus impactos medidos en la calidad del suelo (Larson y Pierce, 1995).

El personal del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América (SCS) (C.H. Lander, 1992; citado por Karlen y Stott, 1995), ha establecido varios puntos relacionados con la calidad de suelo, estos incluyen (i) identificación de parámetros que

son medibles con tecnología actualmente disponible. (ii) establecimiento de criterios o valores para cuantificar esos parámetros. (iii) desarrollo de un modelo para evaluar la calidad del suelo ya sea para corto o largo plazo. (iv) identificar todos los componentes de manejo y sus efectos en la calidad del suelo, y (v) evaluación de los conocimientos existentes y los datos de investigaciones para determinar los indicadores y procedimientos apropiados para combinarlos.

En la agricultura, la medición de las propiedades para calificarlas debe de ser relativamente simple y precisa, basadas en el potencial de producción de cultivos sin degradar el suelo (Erwing y Singer, 2000).

Según Erwing y Singer (2000), se consideran cuatro puntos concernientes con la selección y cuantificación de las características del suelo: (1) características de suelos deseadas o no deseadas, (2) la renovación del suelo involucra el juzgamiento de la extensión al cual la característica del suelo pueda ser controlada o manejada, (3) índices de cambios en las características del suelo varían, y (4) variación temporal y espacial en las características del suelo.

Los componentes para la medición de la calidad del suelo pueden incluir aspectos que son benéficos o dañinos para esa medición, a continuación se mencionan algunas de las características para determinar la calidad del suelo:

- Materia orgánica
- Densidad aparente
- Profundidad efectiva
- pH
- Fertilidad
- Respiración
- Infiltración
- Consistencia
- Estructura
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
- Carbono orgánico

La dinámica de la calidad del suelo puede ser cuantificada mediante la expresión de su calidad como una función de las mediciones de sus atributos, con el apoyo de modelos o procedimientos estadísticos se puede medir de la variación de los atributos sobre el tiempo y la dinámica de la calidad del suelo (Larson y Pierce, 1995).

## **2.5 METODOS DE EVALUACION DE TIERRAS**

Para juzgar el valor de un suelo, se requiere un análisis multidisciplinario: el identificar los objetivos, hacer el inventario de los recursos, sacar a la luz factores que influyen sobre los fenómenos de producción, establecer comparaciones cuantitativas y cualitativas. Todas estas se deben considerar y necesitan la participación de disciplinas muy diferentes (Degand, 1981; citado por Gallegos del Trejo, 1997).

### **2.5.1 Método de Begon (1978)**

Este modelo fue desarrollado para la estimación de las aptitudes culturales de los suelos del Departamento de L'oise, Francia. Los diferentes factores son jerarquizados, de acuerdo con la importancia relativa al crecimiento de la planta y la facilidad de trabajo. A cada factor se le atribuye un cierto número de puntos sobre un total de 1000, se repite la misma operación para los criterios físicos de que dependen cada factor (Gallegos del Trejo, 1997).

### **2.5.2 Método de Duclos (1971)**

Este método fue desarrollado para la apreciación de la aptitud agrícola de los suelos de la región de Provenec, al sur de Francia. Considera que esta aptitud depende de:

- Sus potencialidades intrínsecas derivadas de sus características físico-químicas:
- Factores extrínsecos tales como el relieve, la topografía, el microrelieve y la modificación de las condiciones naturales por la intervención del hombre.

Se considera como factor limitante todo factor que para el suelo constituye deficiencia difícil de modificar por la acción del hombre o que requiere inversiones valiosas; o bien, el empleo de técnicas y, o, materiales onerosos adaptados al tipo de problemas (Gallegos, del Trejo, 1997).

### **2.5.3 Índice de productividad (IP)**

El modelo de Índice de Productividad fue diseñado para evaluar la productividad de los suelos en los primeros 100 cm, especialmente con referencia a la pérdida potencial de productividad debido a la pérdida de suelo por erosión (Nelly, 1979; Kinery *et al.*, 1983; pierce *et al.*, 1983; citados por Erwing y Singer, 2000).

### **2.5.4 Índice potencial del suelo (Soil Survey Division Staff, 1993)**

El proceso para determinar el potencial del suelo requiere de una evaluación de la capacidad del suelo a producir un cultivo a un costo expresado en unidades económicas y ambientales. Si existiese una base de datos con índices de diferentes suelos o zonas, se podría tomar una decisión racional ya sea para seguir con alguna actividad, cambiar los planes o simplemente abandonar ese predio y buscar otro con mejor potencial. El potencial del suelo se presenta ya sea en forma cualitativa, clases relativas o en escala numérica.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 MATERIALES GENERALES**

Zona de San Nicolás, ubicado en El Zamorano, Honduras

Equipo para excavación de calicatas específicas

Penetrómetro de bolsillo, densímetros, Tablas Munsell, barrenos hoffer y holandés

Fotografía aérea (pares) y estereoscopio de espejo

Uso de Laboratorio de Suelos para análisis químico completo

#### **3.2 CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL AREA DE ESTUDIO**

Se seleccionó la zona de San Nicolás por ser una de las zonas en que se cultiva intensivamente para la producción de grano y forraje, lo cual representa una fuente importante de ingreso para El Zamorano, además se consideró esta zona ya que posee un sector que va dotador con un nuevo sistema de riego (pivote central), lo que permitirá una producción continua.

#### **3.3 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La zona de San Nicolás se encuentra localizada en los predios de El Zamorano, a dos kilómetros de la carretera Panamericana, colindando con la carretera que conduce hacia la comunidad de Güinope. Limita al norte con la propiedad de Rafael Díaz del Valle, al sur con Monte Redondo, al oeste con la Finca Casa Blanca y al este con zona de Los Zorrales. En su costado noreste posee una laguna de abastecimiento de agua para riego (laguna de Titicaca).

##### **3.3.1 Topografía**

La topografía es plana con una ligera pendiente del 2 %, la elevación aproximada es de 772 m.s.n.m..

##### **3.3.2 Clima**

La temperatura promedio anual es de 24°C, la temperatura promedio más alta es de 27°C en el mes de mayo y la temperatura promedio más baja es de 22°C en el mes de enero.

Los registros de precipitación anual promedio en el valle son de 1110 mm, la temporada de lluvia comprende de mayo a octubre con el mes de septiembre de mayor precipitación, la época seca es de noviembre a abril (Aree, 1996).

### 3.4 RECOLECCION DE INFORMACION

Una vez que se delimitó la zona de estudio, se procedió a la búsqueda de información básica complementaria de utilidad. La información fue obtenida de documentos de El Zamorano, en el Instituto Geográfico Nacional, en la Secretaría de Planificación, Coordinación y Presupuesto, entre otros.

Dentro de esa información recolectada tenemos: el Estudio de Suelos a Semidetalle del Valle del Zamorano (Secplan, 1989), planos de la zona de estudio, fotografías aéreas y registros de fertilidad de años anteriores.

### 3.5 CARACTERIZACION DEL MEDIO NATURAL

Se caracterizó detalladamente el medio físico mediante un estudio edáfico y de uso de la tierra, los cuales se describen a continuación:

#### 3.5.1 Suelos

**3.5.1.1 Delimitación del área y trabajo preliminar.** Para definir exactamente cual sería el área de cobertura, se utilizaron fotografías aéreas (anexo 4) y mapas de suelos. La fotografía aérea es de mucha utilidad ya que por medio de ella se puede predecir el patrón edáfico que existe en la zona. Correlacionando esos dos elementos se definió la metodología a usarse a manera que garantizara una buena cobertura del área de interés.

**3.5.1.2 Mapeo sistemático.** Se hicieron observaciones ordenadas según el sistema de mapeo y el patrón de distribución de los suelos. Dichas observaciones incluyen barrenaciones con el tubo hoffer y la descripción de calicatas para ver las características del suelo.

La metodología que se utilizó fue la de observaciones a lo largo de transectos. Según Cortés y Malagón (1984), esta metodología ofrece la ventaja de que cuando se seleccionan transectos al azar, se puede determinar con gran precisión la composición de la zona de mapeo y las relaciones suelo-paisaje. Una vez que se establecen estas relaciones, se puede determinar la repetitividad de los paisajes observados y esto puede incrementar sustancialmente la velocidad del mapeo ya que la cantidad de transectos en paisajes similares es menor.

#### 3.5.2 Trabajo de campo

Una vez definida la metodología, se hizo un reconocimiento general de la zona para determinar el patrón a seguir, antes de iniciar con la caracterización en sí. Luego se inició la toma de datos, para eso se determinó que las transectas se iban a desplazar perpendicular a la carretera del costado norte de San Nicolás a una distancia de 100 m entre cada una.

Dentro de cada transecta el distanciamiento entre los puntos de observación fueron de 100 m entre ellos. se evitó tomar datos cerca de los linderos. para evitar el efecto de borde.

La información tomada de las barrenaciones fue la siguiente:

- Textura (método del tacto)
- Estructura
- Consistencia
- Poros
- Límites

Los parámetros usados para describir la estructura, consistencia, poros fueron tomados del Soil Survey Manual (Soil Survey Division Staff, 1993).

### **3.5.3 Elaboración del mapa del estado actual**

Con los datos de campo. se procedió a aplicar la metodología usada para la clasificación de los suelos descrita por el USDA (Richters 1995).

### **3.5.4 Observaciones de calicatas**

Con el mapa del estado actual se determinó cual era el lugar adecuado para hacer las calicatas tomando en cuenta las agrupaciones ya hechas según los parámetros tomados. Cada calicata representa un lugar típico de ese grupo de suelo. Las calicatas tuvieron una forma rectangular con dimensiones de 2.0 x 1.0 x 1.5 m. La calicata es un escenario no disturbado de como se encuentra el suelo. en ella se describieron las siguientes características utilizando la metodología propuesta en las normas del Manual de Levantamientos de Suelos (Soil Survey Division Staff, 1993):

Las propiedades físicas y morfológicas que se determinaron son:

- Color
- Textura (método del tacto)
- Estructura
- Consistencia
- Poros
- Raíces
- Límites
- Profundidad efectiva
- Resistencia a la penetración con Penetrómetro de bolsillo
- Densidad aparente con el densímetro de bolsillo
- Conductividad hidráulica: determinada indirectamente por método de la FAO (Landon, 1991).

Además de la descripción de los parámetros antes mencionados. se recolectaron muestras de suelos de cada horizonte para su respectivo análisis en el laboratorio.

### 3.5.5 Realización del mapa de estado potencial

Una vez descritas las calicatas, se determinaron los impedimentos que afectan el desarrollo óptimo del cultivo. Se definió si esos impedimentos pueden ser corregidos mediante enmiendas químicas o físicas.

### 3.5.6 Análisis de laboratorio

Los métodos analíticos utilizados son los siguientes:

Característica determinada	Procedimiento analítico
- % de arena, limo y arcilla	Método Hidrométrico de Bouyoucos
- Clasificación textural	Triángulo Textural del USDA (1993)
- Carbono orgánico	Método Walkley and Black
- Nitrógeno	Micro Kjeldahl
- Relación C:N	Calculada al dividir el nitrógeno total y el carbono orgánico
- Materia orgánica (M.O.)	Calculada a partir del carbono orgánico
- pH en agua	Relación 1:1 peso suelo a volumen de agua
- Bases extractables (Ca, Mg, K)	Extracción con Mehlich I y determinación por espectrofotometría de absorción atómica
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación con acetato de amonio a pH 7
- Fósforo disponible	Extracción con Mehlich I y detección colorimétrica
- % de saturación de bases	Relación calculada entre el total de bases extractable entre CIC x 100

### 3.6 ELABORACION DE UN MODELO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SUELO

Se procedió a elaborar un modelo en términos cuantitativos y cualitativos que representara los componentes físicos y químicos más importantes para definir la calidad del suelo y las interacciones que existen entre ellos. Esto se hizo con el fin de poder definir y cuantificar de una manera más precisa el estado actual del suelo comparado con valores óptimos determinados las condiciones de El Zamorano.

### 3.6.1 Selección y valoración de las unidades

Para desarrollar el modelo que relacionara los factores cuantitativos y cualitativos, se seleccionaron indicadores químicos y físicos que sean consistentes y reproducibles. Tomando en cuenta que los indicadores seleccionados son específicos para esta región, ellos pueden variar según la topografía, clima y geología del terreno. También para la selección de los parámetros, se considera la disponibilidad y accesibilidad de la información pertinente para desarrollar el modelo (Anexo 1).

A los parámetros usados se le dio una puntuación porcentual según el grado de influencia que ellos tienen sobre el desarrollo del cultivo. Los valores usados fueron de 0.2 hasta 0.6. Para determinar el valor de cada indicador, se consideró el efecto que este ejerce sobre la planta y si este puede ser modificado con o sin enmiendas a manera de mejorarlo o mantenerlo.

Una vez determinado el valor porcentual de cada parámetro, se le dio un valor según su estado usando una escala (0-10). Un valor de 10 se usó en los indicadores para definir la condición óptima que éste brinda al cultivo, a medida que se aleje de lo óptimo, su puntuación dentro de la escala baja. Para poder determinar esa escala se recopiló información de diferentes fuentes y se modificaron a manera de adaptarlas a las mediciones del estudio.

Los valores provenientes de las calicatas, se ponderaron según la profundidad y la propiedad, ya que la profundidad a que ocurren los horizontes varían en las calicatas y hay que usar valores a una misma profundidad. Las propiedades que se ponderaron a 25 cm son: pH, nutrientes (saturación de bases), materia orgánica, erosión (factor k), y capacidad de intercambio catiónico. Las propiedades que se ponderaron a 50 cm (que es la profundidad efectiva) son: textura, estructura, drenaje, profundidad efectiva, pedregosidad, resistencia a la penetración, conductividad hidráulica, agua disponible y densidad aparente.

### 3.6.2 Aplicación de los índices

Una vez determinada la respectiva valoración de las propiedades, se le aplicó a la siguiente fórmula:

$$IC = fwt(A) + fwt(B) + fwt(C) \dots + fwt(N)$$

La cual proporcionó un valor numérico aplicado de los datos de las propiedades estudiadas (adaptado de Karlen *et al.*, 1995).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 USO ACTUAL DE LA TIERRA**

La totalidad de la tierra de la zona de San Nicolás está dedicada a la explotación agrícola y ganadera (producción de forraje). Los principales cultivos sembrados son maíz, sorgo frijol y pastos. En esta zona, debido al uso en monocultivo prolongado. También se observa la formación de un pie de arado debido a las practicas agrícolas no adecuadas (ver descripciones de calicatas).

### **4.2 LOS SUELOS; CARACTERISTICAS, DESCRIPCIÓN, DISTRIBUCION Y CLASIFICACION**

#### **4.2.1 Tipo de suelo**

Los suelos de San Nicolás pertenecen al orden de los Inceptisoles, están ubicados en la serie de suelo "El Zamorano" según el estudio a semidetalle del Valle del Zamorano realizado por SECPLAN (1989).

Dicho suelo posee un horizonte órico severamente erosionado, que actualmente es muy delgado y con un croma pálido. En condiciones naturales este horizonte es más grueso. Por la agricultura intensiva y las prácticas usadas, se han dado procesos degradativos fuertes y masificación en un grado débil.

El horizonte Bw presenta una acumulación de arcilla con fracción arenosa gruesa, poca materia orgánica, lo cual crea una condición no apropiada para el crecimiento de las raíces.

Ocurre en el horizonte A un pie de arado (Ap) de diferente grosor, formado debido al cultivo intensivo a una misma profundidad con una alta humedad, esto se refleja en un alto valor de densidad aparente y resistencia a la penetración. En el primer horizonte es donde más se expresan los procesos degradativos, la ocurrencia del pie de arado.

Los valores estimados de conductividad hidráulica son bajos en los horizontes A y B dada su tendencia a la masividad.

Los colores denotan condiciones de anegamiento temporal, esto se puede observar en los cromas de 2 o menos y los valores en hue de 2.5 y 5.0 y denotan drenaje restringido y anegamiento en períodos considerables del año.

### **4.3 MAPA DE ESTADO ACTUAL DE SUELOS**

La información obtenida de las barrenaciones es de vital importancia para poder generar el mapa de uso de suelo según su uso actual y determinar su potencial. El muestreo realizado con el barreno hoffer indica que ocurre un pie de arado ("plowpan") a una profundidad promedio de 20 cm a lo largo de toda el área de San Nicolás. Las posibles causas de esto, son las prácticas agrícolas como el preparar el terreno en condiciones de alta humedad, sobre laboreo de la tierra y la mecanización a la misma profundidad durante muchos ciclos productivos. La textura predominante en los primeros centímetros (horizonte Ap) es franco arenosa (FA) y esto se puede generalizar para todos los horizontes superiores de San Nicolás.

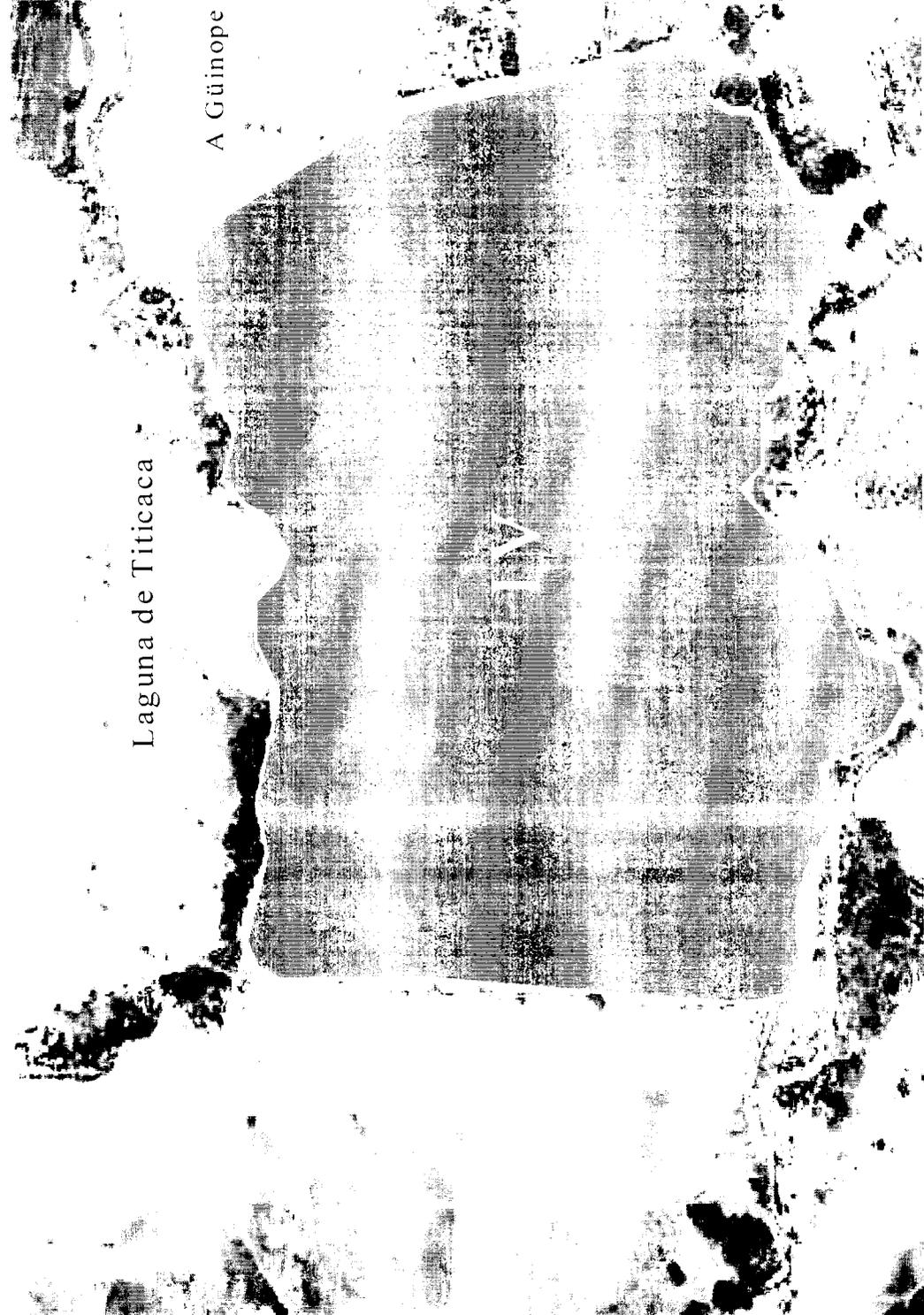
El mapa de suelos según su uso actual resultó muy uniforme debido a la poca variación en características determinantes (mapa 1 y Anexo 5). El principal factor para que se clasifique como un suelo con aptitud agrícola de IV es debido al pie de arado que predomina en todo San Nicolás. Con respecto a la textura, ésta es uniforme; la estructura en el primer horizonte es débil y la consistencia varía de friable a muy firme, la época en que se realizaron las barrenaciones fue durante el invierno.

### **4.4 MAPA DE USO POTENCIAL (MUP)**

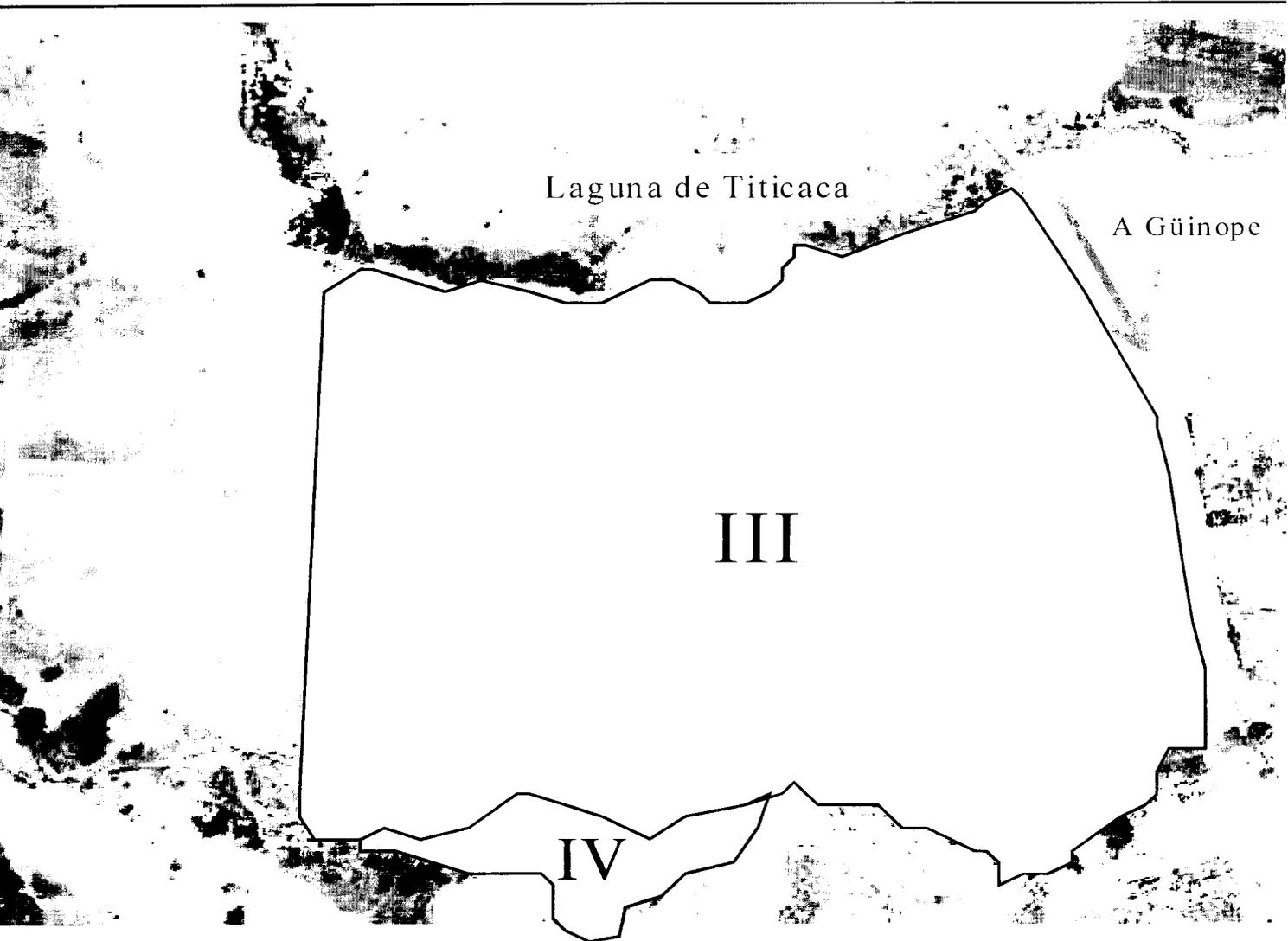
Para poder generar el mapa, es necesario determinar las características físicas y químicas limitantes y ver que enmiendas se pueden usar para modificarlas para posiblemente llevarlo a su estado potencial, los datos a utilizar provienen según su estado actual.

El mapa de uso potencial pronostica que una vez se modifican las restricciones presentes, cual será el estado al que podrá llegar (clase de aptitud). Las modificaciones a hacerse se aplican únicamente a ciertas limitaciones físicas o químicas que lo permitan, por ejemplo: el pH, materia orgánica, estructura, densidad aparente y consistencia. La textura y la pedregosidad no son fácilmente modificables.

Según el sistema de clasificación de suelos del USDA (Sys *et al.*, 1991b), el estado potencial al que se puede aspirar para las tierras de San Nicolás es de III, haciendo las respectivas enmiendas. La profundidad efectiva que predomina es muy superficial y es la principal limitante. Esta no se puede modificar ya que después de la capa arable ocurre un horizonte C constituido por saprolita, roca o roca madre continua (mapa 2 y Anexo 5).



**Mapa 1. Estado actual de los suelos de San Nicolás, El Zamorano. Honduras**



Mapa 2. Estado potencial de los suelos de San Nicolás, EL Zamorano, Honduras

Los impedimentos físicos y químicos que se pueden modificar, se vuelven los factores determinantes para asignar un potencial bajo y final al suelo.

#### 4.5 DESCRIPCIONES DE PERFILES

Para la selección de los sitios de las calicatas, se escogió un sitio que sea representativo (pedón) de la población de suelos del mapa de estado actual de los suelos. En el caso de San Nicolás, el pie de arado jugó un papel determinante ya que es la principal limitante de los suelos del área y por ende se reflejó como una sola unidad de suelo en el mapa según su estado actual.

La zona de San Nicolás se encuentra ubicado en un abanico coluvio-aluvial, lo que hace que se pueda predecir el comportamiento de los suelos (anexo 3). Con base a la fotografía aérea y la corroboración de campo se seleccionaron los sitios de las calicatas (anexo 4).

A continuación se presentan las descripciones de las calicatas con sus respectivos análisis químicos:

##### 4.5.1 Calicata 1

Localización: Extremo noroeste de San Nicolás, colindando con la propiedad de Rafael Díaz del Valle, El Zamorano, Honduras.

Vegetación y uso: sorgo forrajero

Pendiente: 2 %

Familia textural: franco grueso

Posición geomorfológica: abanico coluvio-aluvial

Material parental: arenisca volcánica consolidada

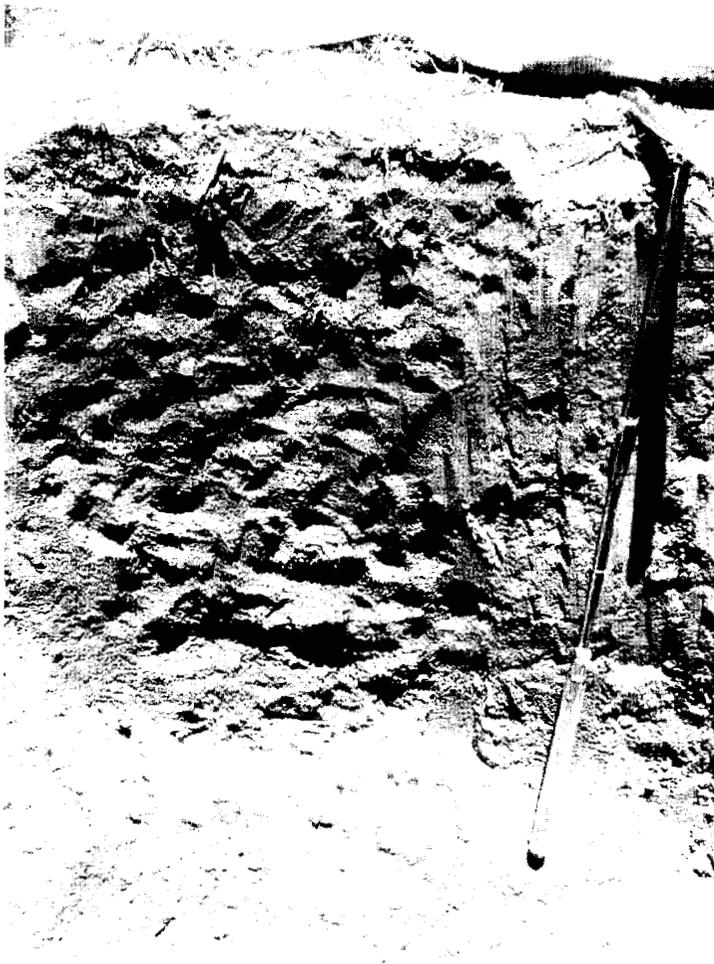
Clasificación taxonómica: Fluventic Dystropept

Horiz.	cm	Descripción
Ap1	00 - 10	Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2); franco arenoso medio; estructura blocosa sub-angular medianos y gruesos moderados; friable, firme (en seco); poros finos pocos; raíces limite abrupto plano.
Ap2	10 - 30	Café amarillento oscuro (10YR 3/4); franco arenoso medio; estructura masiva <i>in situ</i> , disturbada: bloques subangulares medio y gruesos débiles, que parten a bloques subangulares muy finos; consistencia firme <i>in situ</i> , friable disturbado; poros finos vesiculares pocos; raíces finas pocas, limite gradual y plano.
Bw	30 - 55	Café rojizo (5 YR 4/4) en húmedo; franco arenoso grueso; estructura masivo <i>in situ</i> , bloques subangulares gruesos y muy

gruesos. débiles. consistencia friable disturbado. firme in situ. poros finos vesiculares pocos; raíces finas pocas; limite gradual y plano.

- |     |         |  |
|-----|---------|--|
| BC  | 55 - 83 | Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arenoso grueso y muy grueso, grava fina ocasional; estructura masiva <i>in situ</i> , bloques subangulares gruesos y muy gruesos disturbado; consistencia firme (seca), friable disturbado; poros finos vesiculares pocos; limite gradual plano. |
| 2Cr | 83 +    | Café rojizo (5 YR 4/3) matriz 60 %, 5 YR 4/8; arcilla con grava muy fina; estructura masiva; consistencia muy firme; raíces muy finas pocas; oros finos vesiculares pocos, limite gradual.   |

Fotografía 1. Calicata 1 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras



301056

Cuadro 2. Descripción analítica de la calicata 1 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.

Horizonte	Ap1	Ap2	Bw	BC	2CR
Profundidad de la muestra, (cm) .....	0 - 10	10 - 30	30 - 55	55 - 83	83 a +
Materia orgánica (%).....	2.51	1.73	0.25	0.44	0.51
Carbono orgánico (%).....	1.46	1.00	0.14	0.26	0.30
Nitrógeno total (%).....	0.12	0.08	0.01	0.02	0.02
Relación C/N.....	12	12	14	13	15
Arena .....	70	72	80	80	70
Limo .....	20	16	12	10	10
Arcilla .....	10	12	8	10	20
pH en agua 1:1 .....	5.06	4.86	4.09	5.19	5.46
Cationes disponibles (ppm):					
P .....	41	8	1	1	0.6
K .....	194	75	46	43	78
Ca .....	975	892	607	645	1162
Mg .....	150	120	60	60	142
S .....	18	17	15	14	16
Cu .....	0.8	0.9	0.7	0.6	0.54
Fe .....	48	44	16	13	10
Mn .....	24	21	21	21	14
Zn .....	0.42	0.21	0.48	0.06	0.06
B .....	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1
C.I.C. (m.e./100 g).....	9.5	9.7	6.2	7	15.7

#### 4.5.2 Calicata 2

Localización: Terraza 7 de San Nicolás, sector oeste a 150 m de la carretera perimetral; extremo sur, El Zamorano, Honduras.

Vegetación y uso: pasto tobiatá

Pendiente: 2 %

Posición geomorfológica: abanico coluvio-aluvial

Material parental: aluvial, arenisca tobácea

Clasificación taxonómica: Typic Ustifluent

Horiz. cm	Descripción	
Ap1	00 - 16	Café oscuro (10 YR 4/3) en húmedo; franco arenoso / franco arcillo arenoso; estructura blocosa sub-angular medianos y gruesos moderado (20%) y bloques subangulares finos a gruesos moderados; consistencia firme; poros finos y medianos vesiculares muchos; raíces finas abundantes con tendencia a la horizontalidad; limite abrupto plano.
Ad	16 - 40	Café amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura masiva; consistencia firme; poros finos vesiculares pocos; raíces muy finas pocas. limite abrupto y plano.
2C	40 +	Grava abundante de todo tamaño, arenisca consolidada. baja densidad aparente, con matriz de arena franca.

Fotografía 2. Calicata 2 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras



Cuadro 3. Descripción analítica de la calicata 2 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.

Horizonte	Ap	Ad	2C
Profundidad de la muestra (cm).....	0 – 16	16 – 40	40 a +
Materia orgánica (%).....	2.37	2.04	0.83
Carbono orgánico (%).....	1.37	1.18	0.48
Nitrógeno total (%).....	0.11	0.11	0.04
Relación C/N.....	12	11	12
Arena .....	64	62	80
Limo .....	24	24	12
Arcilla .....	12	14	8
pH en agua 1:1 .....	4.64	4.77	5.01
Cationes disponibles (ppm):			
P .....	12	7	2
K .....	85	81	36
Ca .....	892	892	825
Mg .....	82	82	90
S .....	15	15	14
Cu .....	1	1	0.7
Fe .....	98	98	18
Mn .....	41	41	10
Zn .....	0.36	0.36	0.1
B .....	1.2	1.1	1.3
C.I.C. (m.e./100 g).....	10.7	10.2	9.2

#### 4.5.3 Calicata 3

Localización: Extremo suroeste de San Nicolás, cuadrante tres del pivote central, a 100 m del portón, EL Zamorano, Honduras.

Vegetación y uso: maíz

Pendiente: 2 %

Posición geomorfológica: abanico coluvio-aluvial, parte distal del abanico

Material parental: Arenisca tobácea

Clasificación taxonómica: Fluventic Distropept.

Horiz.	cm	Descripción
Ap	00 - 10	Café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura blocosa sub-angular medianos y gruesos débiles; consistencia friable; poros finos y medios pocos; raíces medianas y fina pocas; limite gradual plano.
Ad	10 - 20	Café oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura bloques subangulares gruesos y muy gruesos con tendencia a la masividad; consistencia friable; raíces finas y muy finas con tendencia a la horizontalidad; limite abrupto y plano.
Bw	20 - 33	Café oscuro (10 YR 4/3), moteo café fuerte (7.5 YR 5/6) medias en un 10%, en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura masivo; consistencia muy firme; poros finos vesiculares pocos; raíces no hay; limite gradual y plano.
	33 - 45	Matriz café amarillento (10 YR 5/4) 70%, café pálido (10 YR 6/3) 20%, motas café amarillento (10 YR 5/8) gruesas y muy gruesas en húmedo; franco arcillo arenoso con grava fina ocasional; estructura masiva; consistencia muy firme; poros finos vesiculares pocos; limite gradual plano.
2C	45 +	Matriz gris muy oscuro(10 YR 3/1) 80 %, amarillo cafesoso (10 YR 6/6) 10 %, café amarillento (10 YR 5/6) 10%; arena con grava fina; estructura masiva; consistencia muy firme; raíces no hay.

Fotografía 3. Calicata 3 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras



Cuadro 4. Descripción analítica de la calicata 3 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.

Horizonte	Ap	Ad	Bw	2C
Profundidad de la muestra (cm).....	0 - 10	10 - 20	20 - 35	35 - 45
Materia orgánica (%).....	1.92	1.91	0.95	0.63
Carbono orgánico (%).....	1.11	1.11	0.55	0.36
Nitrógeno total (%).....	0.09	0.09	0.04	0.03
Relación C/N.....	12	12	14	12
Arena .....	48	48	56	64
Limo .....	34	34	30	24
Arcilla .....	18	18	14	12
pH en agua 1:1 .....	4.78	4.64	4.6	5.55
Cationes disponibles (ppm):				
P .....	3	2	2	1
K .....	166	153	92	71
Ca .....	915	915	945	855
Mg .....	90	90	82	90
S .....	17	16	15	14
Cu .....	1.6	1.7	1.7	0.9
Fe .....	166	171	82	21
Mn .....	64	37	44	25
Zn .....	0.66	0.51	1.2	0.1
B .....	1.3	1.2	1.6	1.4
C.I.C. (m.e./100 g).....	12.2	10.7	9.2	11

#### 4.5.4 Calicata 4

Localización: sur de la laguna de Titicaca, cuarto cuadrante (noreste) del pivote central,  
El Zamorano, Honduras.

Vegetación y uso: maíz

Pendiente: 2 %

Posición geomorfológica: abanico coluvio-aluvial, parte central del abanico

Material parental: arenisca tobacea

Clasificación taxonómica: Lithic Fluventic Distropept.

Horiz.	cm	Descripción
Ap	00 - 23	Café oscuro (7.5 YR 3/2); franco arcillo arenoso; estructura blocosa sub-angular muy débiles que parten a granular de todos tamaños moderados; consistencia firme; poros finos y medios pocos; raíces medianas comunes; limite gradual plano.
BA	23 - 40	Café rojizo (5 YR 4/3) un 80 %, 5 YR 3/1 un 20 %; franco arcillo arenoso; estructura masiva in situ que parte a granular y bloques subangulares medios débiles; consistencia muy firme; poros finos pocos; raíces no hay; limite abrupto y plano.
Cr	40 +	Matriz café oscuro (10 YR 4/3); franco arcillo arenoso. roca areniscas tobaceas (70%), cantos rodado muy gruesos (diámetro > 20 cm), aristas redondeadas; consistencia muy firme a extremadamente firme; poros finos pocos; raíces no hay.

Fotografía 4. Calicata 4 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras



Cuadro 5. Descripción analítica de la calicata 4 en San Nicolás, EL Zamorano, Honduras.

Horizonte	Ap	BA	Cr
Profundidad de la muestra (cm).....	0 -23	23 -40	40 a +
Materia orgánica (%).....	2.17	0.96	1.15
Carbono orgánico (%).....	1.26	0.56	0.67
Nitrógeno total (%).....	0.1	0.04	0.05
Relación C/N.....	13	14	13
Arena .....	68	76	68
Limo .....	20	14	12
Arcilla .....	12	10	20
pH en agua 1:1 .....	4.63	5.17	5.45
Cationes disponibles (ppm):			
P .....	75	1	0.5
K .....	133	69	43
Ca .....	945	885	1303
Mg .....	97	97	135
S .....	15	12	13
Cu .....	1.4	1.3	1.4
Fe .....	82	27	19
Mn .....	55	27	15
Zn .....	0.42	0.12	0.18
B .....	1.3	1.3	1.1
C.I.C. (m.e./100 g) .....	11	8.2	15.7

#### 4.5.5 Calicata 5

Localización: Terraza 8, sector suroeste de San Nicolás, El Zamorano, Honduras.

Vegetación y uso: sorgo forrajero

Pendiente: 2 %

Posición geomorfológica: parte media del abanico coluvio-aluvial

Material parental: aluvio coluvial

Clasificación taxonómica: Fluventic Distroept.

Horiz.	cm	Descripción
Ap	00 - 20	Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arenoso; estructura masiva in situ, disturbado parte a bloques sub-angular medianos y gruesos débiles; consistencia firme; poros finos y medianos vesiculares pocos; raíces medianas y fina comunes; limite abrupto plano.
Ad	20 - 38	Café (7.5 YR 4/4) en húmedo; franco arenoso; estructura masivo; consistencia muy firme; raíces medianas y muy finas ocasionales tendencia a la horizontalidad: poros finos vesiculares pocos; limite abrupto y plano.
BC	38 - 60	Rojo amarillento (5 YR 4/6); esqueletal (grava, fragmentos gruesos de cenizas volcánicas 60 %), bloques sub-angular medianos débiles, granular poca; raíces no hay; limite abrupto y plano.
C	60 +	Rojo amarillento (5 YR 4/6) 70%; arcilla arenosa con grava fina ocasional (40%); estructura masiva; consistencia muy firme; poros finos vesiculares pocos; no hay raíces.

Fotografía 5. Calicata 5 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras



Cuadro 6. Descripción analítica de la calicata 5 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.

Horizonte	Ap	Bd	BC	C
Profundidad de la muestra (cm).....	0 - 20	20 - 38	38 - 60	68 a +
Materia orgánica (%).....	2.3	0.51	0.83	0.83
Carbono orgánico (%).....	1.33	0.30	0.48	0.48
Nitrógeno total (%).....	0.11	0.02	0.04	0.04
Relación C/N.....	12	15	12	12
Arena .....	60	70	64	62
Limo .....	26	16	12	12
Arcilla .....	14	14	24	26
pH en agua 1:1 .....	4.82	5.01	4.88	4.86
Cationes disponibles (ppm):				
P .....	7	1	0.6	1
K .....	54	49	63	64
Ca .....	1080	696	1110	1222
Mg .....	90	75	120	127
S .....	13	11	13	13
Cu .....	1.4	0.7	0.8	0.7
Fe .....	94	21	14	17
Mn .....	53	24	11	13
Zn .....	0.33	0.1	0.1	0.12
B .....	1.1	1.2	1.2	1.1
C.I.C. (m.e./100 g) .....	13.5	8.5	17	18

#### 4.5.6 Calicata 6

Localización: Extremo sur de San Nicolás, segundo cuadrante del pivote central, El Zamorano, Honduras.

Vegetación y uso: maíz

Pendiente: 2 %

Posición geomorfológica: abanico coluvio-aluvial, parte distal del abanico

Material parental: aluvio coluvial

Clasificación taxonómica: Tipic Distropept.

Horiz.	cm	Descripción
Ap	00 - 18	Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura masiva en muy húmedo, parte a bloques sub-angulares de finos a gruesos y granular débiles; consistencia friable; poros finos pocos; raíces gruesas pocas y fina comunes; limite gradual plano.
Ad	18 - 30	Café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura bloques subangular gruesos y medianos débiles; consistencia firme; poros finos y medianos pocos; raíces no hay; limite gradual y plano.
Bw	30 - 53	Matriz café oscuro (7.5 YR 3/2), motas café rojizo (5 YR 4/3) 20% medias circulares; franco arcillo arenoso con grava fina común (15%); estructura bloques sub-angulares finos a gruesos débiles; consistencia firme; poros finos vesiculares frecuentes, gruesos continuos frecuentes; raíces no hay; limite gradual y plano.
Cr	53 +	Matriz gris oscuro (10 YR 4/1) 70%, café amarillento (10 YR 5/8) 30%; arcilla arenosa con grava fina ocasional (10%), grava gruesa 30 %; estructura masiva; consistencia muy firme; poros finos vesiculares pocos; raíces no hay.

Fotografía 6. Calicata 6 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras



Cuadro 7. Descripción analítica de la calicata 6 en San Nicolás, El Zamorano, Honduras.

Horizonte	Ap	Ad	Bw
Profundidad de la muestra (cm).....	0 – 18	18 - 30	30 – 53
Materia orgánica (%).....	2.56	2.43	0.57
Carbono orgánico (%).....	1.48	1.41	0.33
Nitrógeno total (%).....	0.12	0.12	0.02
Relación C/N.....	12	12	17
Arena .....	54	56	68
Limo .....	30	28	22
Arcilla .....	16	16	10
pH en agua 1:1 .....	4.7	4.89	5.38
Cationes disponibles (ppm):			
P .....	18	16	1
K .....	183	168	73
Ca .....	1080	1185	870
Mg .....	97	105	90
S .....	14	14	13
Cu .....	1.4	1.3	0.8
Fe .....	119	96	18
Mn .....	93	42	11
Zn .....	0.75	0.48	0.1
B .....	1.1	1.1	1.1
C.I.C. (m.e./100 g) .....	11	11.7	10.2

Cuadro 8. Valores de densidad aparente y resistencia a la penetración por horizonte de cada calicata en San Nicolás, EL Zamorano, Honduras.

Calicata	Horizonte	Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la penetración (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Ap	00 - 10	1.44	2.85
	Ap2	10 - 30	1.32	3.38
	Bw	30 - 55	1.55	2.0
	BC	55 - 83	1.58	2.41
	2cr	83 +	***	> 4.5
2	Ap	00 - 16	1.44	3.29
	Ad	16 - 40	1.52	4.17
	2C	40 +		> 4.5
3	Ap	00 - 10	1.34	1.28
	Ad	10 - 20	1.24	1.53
	Bw	20 - 35	1.41	> 4.5
		35 - 45	***	> 4.5
	2C	45 +		> 4.5
4	Ap	00 - 23	1.49	2.25
	BA	23 - 40	1.52	2.97
	Cr	40 +	***	> 4.5
5	Ap	00 - 20	1.45	4.0
	Ad	20 - 38	1.60	> 4.5
	BC	38 - 60	***	> 4.5
	C	60 +	***	4.5
6	Ap	00 - 18	1.38	1.13
	Ad	18 - 30	1.32	2.86
	Bw	30 - 53	1.44	2.46
	Cr	53 +	***	4.0

\* Datos no tomados

La representatividad de los mapas usando el sistema de clasificación usado por el USDA (Land Capability Clasification), no fue del todo representativa y que ellos utilizan rangos muy amplios y no propios de esta zona. En sentido práctico, para el caso de El Zamorano, esto no sería de mucha utilidad ya que la información generada no es muy específica para la evaluación, sino se vuelve muy general y no se puede cuantificar.

Se adoptó otro sistema de evaluación que permita medir en forma cualitativa y cuantitativa el estado actual de como se encuentran los suelos de la zona de San Nicolás. Es por eso que se optó por crear un modelo de evaluación con las características más pertinentes y cuantificar los parámetros necesarios para medir la calidad del suelo.

#### 4.6 APLICACIÓN DEL MODELO DE EVALUACION

La finalidad del modelo es evaluar cuantitativa y cualitativamente los suelos de San Nicolás. Para poder diseñarlo, se seleccionaron los parámetros más importantes que tienen influencia directa o indirecta sobre el desarrollo óptimo del cultivo y que actualmente son restricciones en los suelos de San Nicolás.

Los parámetros usados son los siguientes:

- Textura
- Estructura
- pH
- Drenaje
- Profundidad efectiva
- Nutrientes
- Materia orgánica
- Material inerte (piedras)
- Resistencia a la penetración
- Conductividad hidráulica
- Factor de erodibilidad
- Agua disponible
- Densidad aparente
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

A cada parámetro se le asignó un peso, según el nivel de restricción que este ejerce sobre el cultivo. El valor del parámetro depende de que tanta influencia tenga y también si puede ser modificado. Si el factor no puede ser modificado el valor será mayor (columna B, Anexo 2).

Dentro de cada propiedad seleccionada se diseñó una escala de puntaje (1 a 10). La puntuación máxima es 10 y es cuando esa propiedad esta en condición óptima para el cultivo. A medida que pierde esos atributos el valor decrece dentro de la escala ya que este se vuelve una restricción (Anexo 1). Los valores obtenidos para los perfiles evaluados de la Zona de San Nicolás dan el resultado de la evaluación de los indicadores en forma numérica (Anexo 1)

Comparando el valor actual promedio obtenido (20.6 unidades) con el valor potencial con las condiciones óptimas (49.5 unidades), se observa que hay una diferencia de 28.9 unidades, la cual es un valor debajo de la media, lo cual indica el alto nivel de degradación que el suelo presenta (Anexo 2).

La integración de todas las propiedades estudiadas se hace mediante el modelo:

$$IC = \text{fwt (A)} + \text{fwt (B)} + \text{fwt (C)} \dots + \text{fwt (N)}$$

Donde:

IC = Índice de Calidad

fwt = peso de la propiedad

(A)= valor de cada parámetro en la escala

El Índice de Calidad (IC) cuantifica la aptitud del suelo para la producción agrícola. Los valores fluctúan de 0 a 49.5, por lo que se propone agruparlos en una escala:

Rango	Aptitud del suelo para producción agrícola
00 – 9	No apto
10 – 19	Baja
20 - 29	Moderada
30 – 39	Alta
40 - 49.5	Optima

Los suelos de San Nicolás se encuentran dentro del valor más bajo del rango de 20 - 30 (con 20.6), lo que deja de manifiesto que si no se implementan prácticas de manejo que reduzcan el impacto degradativo al suelo, la recuperación será más difícil y costosa.

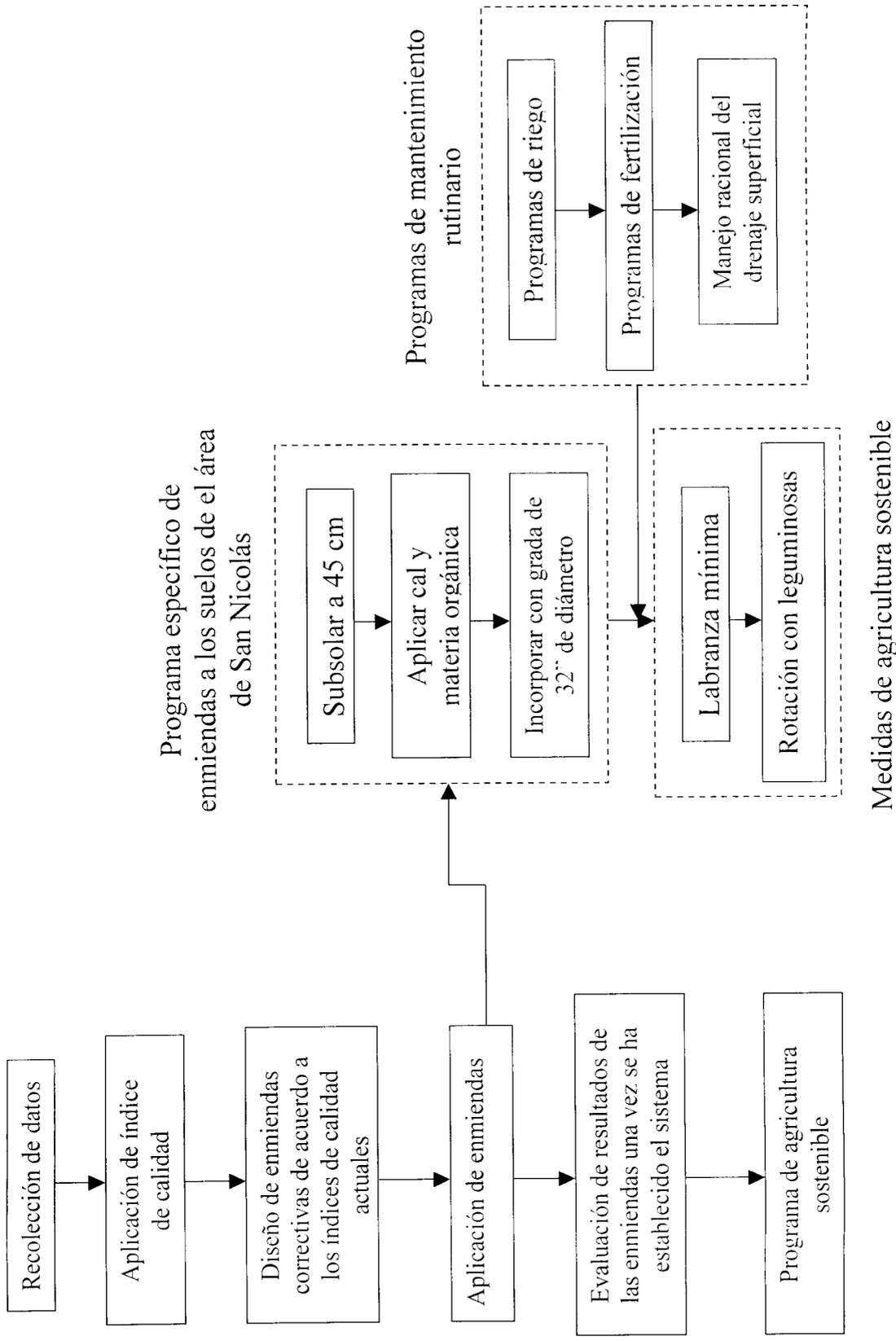
## 1. CONCLUSIONES

- Los suelos de la zona de San Nicolás, debido al sometimiento de prácticas agrícolas, presenta un alto nivel de degradación de las características físicas, químicas y morfológicas, lo cual constituye una limitante para el desarrollo óptimo del cultivo. La principal limitante encontrada fue un pie de arado a 20 cm de profundidad.
- El aplicar los índices morfológicos, físicos y químicos de mayor importancia es vital para determinar el estado actual en que se encuentra. Actualmente se clasifica como un suelo de categoría IV; según el sistema de clasificación de capacidad del suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Se puede aspirar a una III, eso se debe a las severas limitantes que predominan en el suelo.
- Un inconveniente del sistema de evaluación es la corta duración de la validez de los resultados debidos, fundamentalmente, a la variación en el tiempo de los factores tecnológicos, abióticos y biológicos. La flexibilidad del modelo es la alternativa para superar este inconveniente, pues permite la realimentación con datos nuevos y facilita la revisión de la interpretación cuando los supuestos han cambiado.
- Es de vital importancia la evaluación continua de los suelos de San Nicolás y toda unidad de producción agropecuaria, utilizando un modelo de manejo integral, ya que esta tierra está dedicada netamente a la agricultura intensiva. Hay que dirigir los esfuerzos a adoptar técnicas y prácticas de producción que sean sostenible.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Mejorar la profundidad efectiva destruyendo el pie de arado. Esto se puede lograr mediante el subsoleo cruzado a 45 grados, con aletas en las puntas. Se debe hacer a una profundidad de 45 cm efectiva o a la profundidad en que se encuentre la limitante. Darle un pase con una rastra de 32" de diámetro como mínimo y un pase de una grada pulidora si fuese necesario. Es importante evaluar cada actividad para garantizar que se realice bien y se debe evaluar las condiciones en que quedó el suelo para determinar si requiere más laboreo. Es importante no laborear en exceso al suelo.
2. Después de corregir el pie de arado, adoptar un programa de labranza mínima o cero, la adopción de cualquiera de las dos va a depender del comportamiento de los suelos a través del tiempo. No se recomienda la nivelación por tratarse de un sistema de suelos muy frágil.
3. Corregir el pH del suelo a una profundidad de 15 cm para llevarlo a un pH entre 5.5 a 6. Aplicar enmiendas orgánicas, para esto, se recomienda aplicar 3 % de materia orgánica para subir el nivel a 5 %. El volumen requerido es de 60 ton/ha. En caso de que falte materia orgánica, utilizar agricultura de precisión para aplicar sólo en el surco y reducir así la cantidad total a aplicar.
4. Una vez implementado las enmiendas correctivas, evaluar de nuevo el suelo y aplicar el índice de calidad para determinar su recuperación. El plazo de tiempo para que las enmiendas físicas y químicas interactúen con la matriz del suelo es de seis meses. Bajo condiciones climáticas del sitio de estudio, el sistema suelo deberá estabilizarse en ese plazo.
5. Programas de conservación de suelos, deben de incluir la rotación con leguminosas forrajeras o con frijol abono, las cuales se deben incorporar parcialmente con implementos de labranza mínima.
6. Es importante que se establezcan parcelas permanentes de evaluación para medir el comportamiento de los suelos a través del tiempo.
7. La correcta ejecución de las enmiendas es crucial para la mejoría del suelo, se recomienda seguir el siguiente esquema:

## Esquema general de procedimientos



## 7. BIBLIOGRAFIA

- ARCE SILES, A. M. 1996. Mapeo y evaluación del uso de la tierra en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. 61 p.
- CORTES, A.; MALAGON, D. 1984. Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá, Colombia. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 360 p.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. 1995. Defining and assesing soil quality. *In* Defining soil quality for a sustainable environment. Ed. By D.F. Bezdicek; D.C. Coleman, S.W. Doran; B.A. Steward. Madison, Wisconsin, U.S.A.. SSSA Special Publication Number 35. 3 - 21 p.
- ERWING, S.; SINGER, M.J. 2000. Soil quality. *In* Handbook of Soil Sscience. Ed. by Sumner, M.E. Boca Raton, Fl., EEUU. CRS Press. G-271 - G298 p.
- GALLEGOS DEL TREJO, A. 1997. La aptitud agrícola de los suelos; la pedología aplicada a las actividades agropecuarias. México, D.F., México. Editorial Trillas. 207 p.
- KAREN, D.L.; STOTT, D.E. 1995. A framework for evaluaing physical and chemical indicators of soil quality. *In* Defining soil quality for a sustainable environment. Ed. By D.F. Bezdicek; D.C. Coleman, S.W. Doran; B.A. Steward. Madison, Wisconsin, U.S.A.. SSSA Special Publication Number 35. 53 - 72 p.
- LANDON, J.R. 1991. Booker tropical soil manual. 2 ed. Oxon, England. Booker Tate limited. 474 p.
- LARSON, W.E., PIERCE F.J. 1995. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *In* Defining soil quality for a sustainable environment. Ed. By D.F. Bezdicek; D.C. Coleman, S.W. Doran; B.A. Steward. Madison, Wisconsin, U.S.A.. SSSA Special Publication Number 35. 37 - 51 p.
- MILLER, R.W.; DONAHUE, R.L. 1995. Soils in our environment. Seventh edition. Englewoods Cliffs, N.J. EEUU. Prentice Hall. 167 p.
- RICHTERS, E.J. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, C. R., IICA. 440 p.

- SECPLAN 1989. Estudio de suelos a semidetalle del valle del Zamorano. SECPLAN, Honduras. 108 p.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1993. Soil Survey Manual. U.S. Dept. Agr. Handbook 18. Washington D.C. U.S. Govt. Printing Office. 437 p.
- SYS I.C.; VAN RANST E.; DEBAVEYE E.J. 1991. Land evaluation part I: principles in land evaluation and crop production calculations. Brussels, Belgium. General Administration for Development Cooperation. Agricultural publications N°7. 273 p.
- SYS I.C.; VAN RANST E.; DEBAVEYE E.J. 1991. Land evaluation part II; methods in land evaluation. Brussels, Belgium. General Administration for Development Cooperation. Agricultural publications N° 7. 247 p.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Valores de los parámetros del índice de productividad

### A. Textura

Textura (*)	Valor en la escala
Arena	1
Arena franca	2
Franco arenoso	8 - 4
Franco arcillo arenoso	7 - 4
Arcillo arenoso	3
Franco	10
Franco limoso	9 - 5
Limo	2 - 1
Franco arcillo limoso	8
Arcilla limosa	3
Arcilla	2
Arena: Muy gruesa	4
Gruesa	4
Media	-
Fina	9 - 6
Muy fina	9 - 6

(\*) Fuente: modificada de Riquier (1970), citado por Gallegos del Trejo (1997).

### B. Estructura

Estructura (*)	Valor en la escala
Granular muy finos y finos	10
Bloques muy finos y finos (angulares y subangulares)	9 - 7
Bloques gruesos y muy gruesos (angulares y subangulares) y prismática muy finos y fina	7 - 4
Laminar, masiva y prismática media, gruesa y muy gruesa	1

(\*) Fuente: modificada de Wischmeier (1971), citada por Landon (1991).

**C. pH**

pH (*)	Valor en la escala
< 5.0	3 - 1
5.0 - 5.5	5 - 4
5.6 - 5.9	7 - 5
6.0 - 6.5	10
6.6 - 6.9	9 - 8
7.0 - 7.5	7 - 5
7.6 - 8.0	5 - 4
8.1 - 8.5	3 - 1
8.6 - 9.0	1

(\*) Manual del Módulo de Suelos de El Zamorano

**D. Drenaje**

Clase de drenaje (*)	Valor en la escala
D1a	1
D1b	1 - 3
D2a	7 - 4
D2b	8 - 5
D3a	9 - 7
D3b	9
D4	10

(\*) Fuente: Sys *et al.* (1991b)

**E. Profundidad efectiva**

Profundidad (cm) (*)	Valor en la escala
< 30	1
30 - 59	4
60 - 89	6
90 - 119	8
> 120	10

(\*) Fuente: Sys *et al.* (1991b)

**F. Contenido nutricional (saturación de bases)**

meq/100g <sup>(*)</sup>	Valor en la escala
< 15	1 - 3
15 - 35	4 - 5
35 - 50	5 - 7
50 - 70	8 - 9
75 - 100	10
> 100	4 - 1

(\*) Fuente: Sys *et al.* (1991b)

**G. Materia Orgánica (M.O.)**

Contenido de M.O. <sup>(*)</sup>	Valor en la escala
< 1%	2 - 1
1 - 2 %	4 - 2
2 - 5 %	7 - 4
> 5 %	10 - 7

(\*) Fuente: Sys *et al.* (1991b)

**H. Piedras (material inerte)**

Valor (%) <sup>(*)</sup>	Valor en la escala
< 0.1	10
0.1 - 1	9 - 7
1 - 3	6
3 - 15	5 - 4
15 - 50	3
50 - 80	2
> 80	1

(\*) Fuente: Richters (1995)

**I. Resistencia a la penetración**

kg/cm <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Valor en la escala
0 - 1.75	10
1.75 - 2.3	8
2.3 - 3.25	4
3.25 - 4.5	2
> 4.5	1

**J. Conductividad hidráulica**

Conductividad hidráulica (m/día) <sup>(*)</sup>	Valor en la escala
> 12	1
6 - 12	5 - 2
3 - 6	8 - 5
1.5 - 3	9 - 7
0.5 - 1.5	10
0.1 - 0.5	6 - 4
0.5 - 0.1	4 - 2
< 0.05	1

(\*) Fuente: Landon (1991)

**K. Erosión**

Factor k <sup>(*)</sup>	Valor en la escala
Baja < 0.09	10
Baja - media 0.1 - 0.19	8
Media	6 - 8
Media - alta	3 - 5
Alta	2
Muy alta	1

(\*) Fuente: Landon (1991)

<sup>1</sup> Fuente no publicada, C. A. Gauggel, 2000

## L. Agua disponible

Textura (*)	Valor en la escala
Arena media	1
Arena fina	2
Franco arenoso	3
Franco arenoso fino	6
Franco	9
Franco limoso	10
Franco arcilloso	9
Arcilla	3

(\*) Fuente: Miller and Donahue (1995)

## M. Densidad aparente

$\text{g/cm}^3$ <sup>(1)</sup>	Valor en la escala
1.1	8
1.2 - 1.3	10 - 8
1.3 - 1.4	8 - 6
1.4 - 1.5	6 - 4
1.5 - 1.6	4 - 3
> 1.6	3 - 1

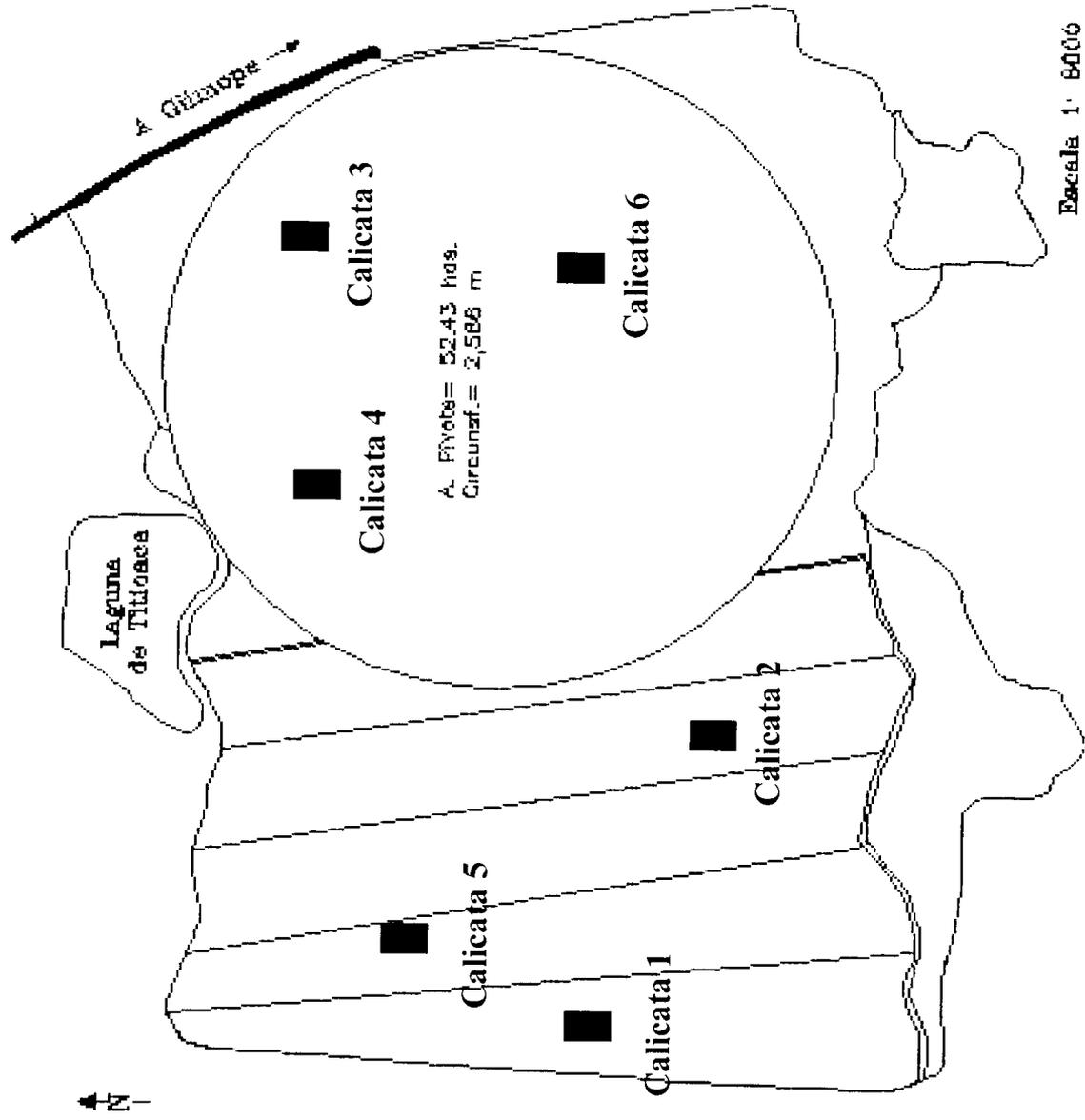
<sup>1</sup> Fuente no publicada, C. A. Gauggel, 2000

Anexo 2. Cuadro resumen de los valores obtenidos de cada parámetro por calicata. San Nicolás, El Zamorano, Honduras.

Parámetro	Valor Porcentual	Calicata 1		Calicata 2		Calicata 3		Calicata 4		Calicata 5		Calicata 6	
		Valor en la escala	Valor final										
Textura	0.60	4.80	2.88	6.00	3.60	8.00	4.80	7.00	4.20	6.50	3.90	7.00	4.20
Estructura	0.35	4.36	1.53	3.80	1.33	3.20	1.12	6.58	2.30	2.32	0.81	6.32	2.21
PH	0.25	3.00	0.75	2.00	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50
Drenaje	0.35	7.00	2.45	6.00	2.10	6.00	2.10	6.00	2.10	6.00	2.10	6.00	2.10
Profundidad Efectiva	0.40	6.00	2.40	4.00	1.60	4.00	1.60	4.00	1.60	4.00	1.60	4.00	1.60
Nutrientes	0.20	1.31	0.26	0.91	0.18	0.94	0.19	0.81	0.16	0.74	0.15	0.74	0.15
Materia orgánica	0.40	4.06	1.62	4.50	1.80	3.44	1.38	4.16	1.66	3.88	1.55	4.50	1.80
Material inerte	0.45	8.00	3.60	3.00	1.35	7.00	3.15	2.00	0.90	3.00	1.35	5.00	2.25
Resistencia a la Penetración	0.35	2.73	0.96	3.98	1.39	2.95	1.03	3.24	1.13	4.33	1.52	2.14	0.75
Conductividad hidráulica	0.35	1.80	0.63	2.10	0.74	2.17	0.76	2.79	0.98	1.15	0.40	2.72	0.95
Erosión	0.40	2.00	0.80	2.00	0.80	3.00	1.20	2.00	0.80	2.00	0.80	2.00	0.80
Agua disponible	0.50	2.65	1.33	4.00	2.00	6.20	3.10	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00
Densidad aparente	0.35	5.86	2.05	5.50	1.93	6.60	2.31	5.00	1.75	4.18	1.46	6.34	2.22
<b>Valor final</b>			<b>21.25</b>		<b>19.32</b>		<b>23.24</b>		<b>20.09</b>		<b>18.14</b>		<b>21.53</b>



**Anexo 3. Fotografía aérea del Valle del Zamorano, Honduras**



**Anexo 4. Mapa de distribución de las calicatas en San Nicolás,  
El Zamorano, Honduras**

Laguna de Titicaca



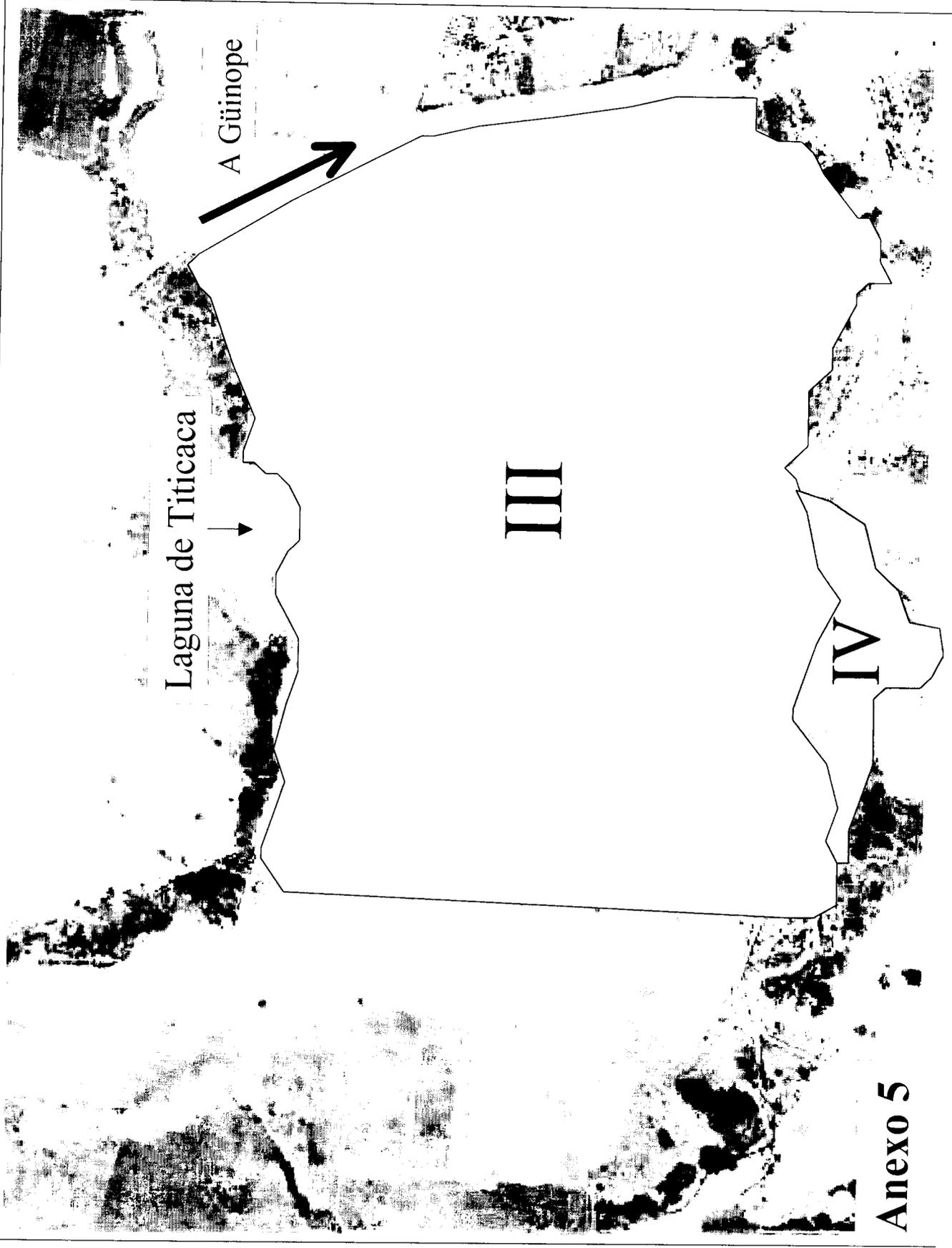
A Güinope



IV

Anexo 5

Mapa 1. Estado actual de los suelos de San Nicolás, El Zamorano, Honduras



Anexo 5

Mapa 2. Estado potencial de los suelos de San Nicolás, EL Zamorano, Honduras